

520,338

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
15 janvier 2004 (15.01.2004)

PCT

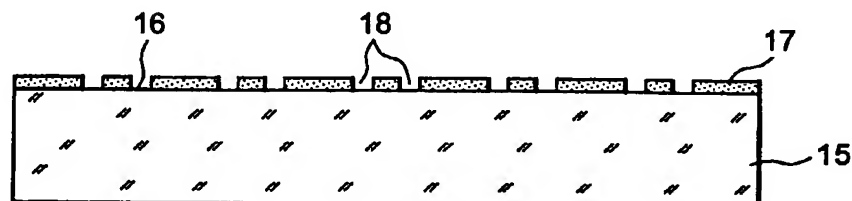
(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/006324 A2

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H01L 21/60, 21/48
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2003/002056
- (22) Date de dépôt international : 2 juillet 2003 (02.07.2003)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 02/08451 5 juillet 2002 (05.07.2002) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31/33, rue de la Fédération, F-75752 PARIS 15ème (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : BALERAS, François [FR/FR]; 20 avenue de la République, F-38170 SEYSSINET (FR). RENARD, Pierre [FR/FR]; 4, place Paul Mistral, F-38000 GRENOBLE (FR). ROSSAT, Cyrille [FR/FR]; 21 rue Marbeuf, F-38100 GRENOBLE (FR).
- (74) Mandataire : RICHARD, Patrick; c/o Brevatome, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).
- (81) État désigné (national) : US.
- (84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- Publiée :  
— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

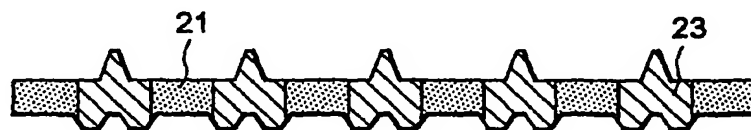
[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR MAKING AN ANISOTROPIC CONDUCTIVE FILM WITH POINTED CONDUCTIVE INSERTS

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION DE FILM CONDUCTEUR ANISOTROPE A INSERTS CONDUCTEURS POINTUS



A



F

(57) Abstract: The invention concerns a method for making an anisotropic conductive film with pointed conductive inserts. The method comprises engraving at least one pattern (C1, K1) in a monocrystalline substrate (15) to form at least one cell (22, 26) having a base designed to form the contour of one end of an insert (23, 27). The formation of the pattern is designed to reveal at least one tip projecting in the base of the cell during engraving of the pattern in a crystallographic plane (100) of the substrate with planes (111) or (110) limiting the pattern. The invention is applicable to microconnectives.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/006324 A2



*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**(57) Abrégé :** L'invention concerne un procédé de fabrication de film conducteur anisotrope à inserts conducteurs pointus. Le procédé comprend la gravure d'au moins un motif (C1, K1) dans un substrat monocristallin (15) pour former au moins une alvéole (22, 26) ayant un fond destiné à dessiner le contour d'une extrémité d'un insert (23, 27). Le dessin du motif est destiné à faire apparaître au moins une pointe faisant saillie dans le fond de l'alvéole lors de la gravure du motif selon le plan cristallographique (100) du substrat avec des plans limitants (111) ou (110) du motif. L'invention s'applique à la microconnectique.

**PROCEDE DE FABRICATION DE FILM CONDUCTEUR ANISOTROPE A  
INSERTS CONDUCTEURS POINTUS**

Domaine technique et art antérieur

5           La présente invention concerne un procédé de fabrication de film conducteur anisotrope à inserts conducteurs pointus.

          Dans le domaine de la microconnectique, il existe plusieurs grandes familles de techniques pour  
10 connecter les puces et les circuits intégrés à un substrat d'interconnexion : le microcâblage, la connexion TAB (TAB pour "Tape Automated Bonding"), la connexion par billes (technique "flip-chip") et la technique ACF (ACF pour "Anisotropic Conductive Film").  
15 Selon la technique du microcâblage, la connexion est réalisée par des fils d'or ou d'aluminium. La connexion TAB utilise un ruban intermédiaire comportant un réseau de conducteurs métalliques. Selon la technique "flip-chip", les plots d'entrée/sortie sont reliés par des  
20 brasures (billes fusibles). La technique ACF met en œuvre des films conducteurs constitués par des particules métalliques incorporées dans un film isolant ou par des inserts métalliques inclus dans un film isolant. Les liaisons électriques voulues entre un  
25 substrat d'interconnexion et une puce sont alors établies par thermocompression, en plaçant les films conducteurs entre le substrat et la puce.

          Les figures 1A-1F, 2, 3A-3C représentent un procédé de fabrication connu de film conducteur à  
30 inserts pointus divulgué dans le brevet français N°2 766 618.

Une première étape du procédé consiste à graver un substrat 1, par exemple un substrat de silicium. Pour cela, une face plane 2 d'un substrat 1 de plan cristallographique (110) est recouverte d'un masque 3 en nitrure de silicium ou en or. Par une technique de lithographie, le masque 3 est gravé de façon que la face plane 2 du substrat apparaisse par des ouvertures 4 (cf. figure 1A). Les parties apparentes de la face plane 2 reçoivent alors une gravure chimique, par exemple en utilisant du KOH, selon les plans cristallographiques (111). Des alvéoles 5 sont ainsi formées (cf. figure 1B). Ce qui subsiste du masque 3 est alors enlevé et il est procédé au dépôt d'une couche sacrificielle conductrice 6 sur la face gravée du substrat (cf. figure 1C). La couche 6 peut être réalisée en cuivre (Cu), titane (Ti), nickel (Ni) ou étain/plomb (SnPb). L'épaisseur de la couche 6, par exemple comprise entre 0,1 et 0,3 $\mu$ m, épouse le profil de la face gravée. Une couche de polymère 7, par exemple une couche de polyimide de 10 $\mu$ m d'épaisseur, est déposée sur la couche sacrificielle 6. Par photolithographie, la couche de polymère 7 est gravée pour former des trous 8 dans le prolongement des alvéoles 5 (cf. figure 1D).

Par croissance électrolytique, en utilisant la couche sacrificielle 6 comme électrode, des inserts métalliques 9 sont formés, depuis le fond des alvéoles 5 jusqu'à la face supérieure de la couche de polymère 7 (cf. figure 1E). La dernière étape consiste à graver chimiquement la couche métallique 6 afin d'obtenir le décollement du film isolant 7 muni des inserts

conducteurs 9 (cf. figure 1F).

La gravure du substrat de silicium 1 est effectuée de façon que les alvéoles 5 soient de forme pyramidale à section carrée. Les inserts 9 sont en conséquence munies de pointes 10. Les trous 8 ont par ailleurs une section circulaire de dimension inférieure à la section des alvéoles 5 au niveau de la face 2 du substrat. Les inserts 9 sont alors enchâssés dans le film isolant 7 comme représenté en figure 2.

Un inconvénient du procédé de fabrication de film conducteur anisotrope décrit ci-dessus est de ne permettre que la réalisation d'inserts munis d'une seule pointe. Si l'on veut réaliser des inserts munis de deux pointes (une à chaque extrémité de l'insert), il est nécessaire de modifier le procédé de fabrication au-delà de l'étape qui conduit à la formation d'une structure telle que représentée en figure 1D. Cette modification du procédé est illustrée aux figures 3A à 3C. Un masque 11 est alors positionné, à une distance prédéterminée d, au dessus du film isolant 7. Le masque 11 est muni de trous 12 positionnés en regard des trous 8 (cf. figure 3A). Le métal destiné à constituer les inserts est alors pulvérisé ou évaporé à travers les trous 12 du masque. La distance d qui sépare le masque 12 du film isolant et le diamètre des trous du masque 12 sont choisis de façon à donner aux extrémités des inserts situées du côté du masque une forme en pointe 13 (cf. figure 3B). On procède par la suite au décollement du film isolant 7 par gravure chimique de la couche conductrice 6, par exemple à l'aide d'acide fluorhydrique. Il en résulte un film conducteur

anisotrope 7 muni d'inserts 14 ayant une pointe à chaque extrémité (cf. figure 3C).

La variante du procédé de l'art connu mentionnée ci-dessus permet avantageusement la  
5 réalisation d'inserts ayant deux extrémités pointues. Un inconvénient de cette variante réside cependant dans le fait qu'il faut placer très précisément un masque muni de trous au-dessus du film. L'utilisation d'un tel masque limite alors le pas des inserts à environ 50µm.

10 L'invention ne présente pas les inconvénients ci-dessus.

#### Exposé de l'invention

En effet l'invention concerne un procédé de  
15 fabrication de film conducteur anisotrope à inserts conducteurs, le procédé comprenant la gravure d'au moins un motif dans un substrat monocristallin pour former au moins une alvéole ayant un fond destiné à dessiner le contour d'une première extrémité d'un  
20 insert. Le dessin du motif est destiné à faire apparaître au moins une pointe faisant saillie et au moins une zone en creux dans le fond de l'alvéole, lors de la gravure du motif selon au moins un plan cristallographique du substrat avec des plans  
25 cristallographiques limitants.

On entend par saillie une zone en pointe du substrat dirigée vers le haut par opposition à une zone en creux du substrat qui est dirigée vers le bas du substrat.

30 Les inserts obtenus selon le procédé de l'invention sont dissymétriques. Ainsi, un insert formé

à partir de l'alvéole présente, à l'extrémité opposée à sa première extrémité, au moins une pointe en saillie et au moins une zone en creux, la partie en saillie et la zone en creux étant en regard, respectivement, d'une zone en creux et d'une pointe en saillie de la première extrémité de l'insert.

Selon un mode de réalisation particulier, le plan cristallographique selon lequel le motif est gravé est le plan (100) et les plans cristallographiques limitants sont les plans (111) et (110).

Avantageusement, le procédé de fabrication selon l'invention permet d'obtenir des inserts conducteurs de très petites dimensions espacés d'un pas très faible (typiquement, des inserts de 1 à 2  $\mu\text{m}$  peuvent être espacés de 4 à 5  $\mu\text{m}$ ). Les inserts peuvent avantageusement avoir plusieurs pointes à chaque extrémité, favorisant ainsi le contact électrique entre les éléments à assembler.

Le procédé est avantageusement simple et reproductible. Les inserts métalliques sont préférentiellement réalisés par électrolyse. Par cette méthode, la forme des inserts est directement reliée à la topologie de l'alvéole formée dans le substrat. Il est également possible de réaliser les inserts par pulvérisation ou par évaporation de métal.

La topologie de l'alvéole dans laquelle les inserts sont formés est obtenue par gravure de motifs à la surface d'un substrat. L'implantation des motifs est préférentiellement choisie pour permettre une croissance électrolytique apte à développer des pointes aux deux extrémités des inserts.

Le substrat est constitué d'un matériau monocristallin dont la gravure humide est anisotrope (c'est-à-dire dont la vitesse de gravure dépend des plans cristallins). On peut citer, par exemple, le  
5 silicium (Si), ou le carbure de silicium (SiC).

Les paramètres à définir pour l'obtention d'une topologie d'alvéole selon l'invention sont : la forme des motifs, l'orientation des motifs par rapport aux directions des plans cristallographiques et, dans le  
10 cas de plusieurs motifs, la disposition des motifs entre eux. Une alvéole peut être réalisée, par exemple, à partir d'un groupe de motifs simples, d'un carré tronqué, de plusieurs groupes de motifs simples ou encore de plusieurs groupes de carrés tronqués.

Un groupe de motifs simples peut être constitué, par exemple, d'au moins quatre motifs simples, par exemple quatre cercles ou quatre carrés, disposés et orientés de manière spécifique. Un motif simple est gravé selon le plan cristallographique (100)  
20 avec des plans limitants (111) ou (110). Au cours de la gravure, le motif s'élargit soit du fait de la géométrie du motif (par exemple dans le cas d'un cercle), soit par l'orientation du motif par rapport à la direction  $\langle 110 \rangle$  du réseau cristallin (cas de carrés se déformant), soit à cause du phénomène de sur-gravure  
25 (gravure sous un masque).

La disposition choisie des motifs simples fait que l'élargissement des motifs permet qu'ils se rejoignent. Au moment où les motifs se rejoignent, la  
30 gravure humide anisotrope découvre de nouveaux plans cristallins autres que les plans limitants (111) et



(110). Démarre alors la gravure de la zone encadrée par les motifs simples. Cette zone comportant des plans cristallins limitants (111) et (110) et des plans non limitants, il se crée une topologie en pointe.

5           La gravure du substrat est ainsi principalement constituée de deux phases. Une première phase est une phase durant laquelle les motifs sont gravés indépendamment les uns des autres. La deuxième phase (liée à la forme et au positionnement des motifs) est  
10 une phase durant laquelle les gravures des motifs se rejoignent et la gravure de la zone entourant les motifs démarre. Ce décalage temporel entre la première phase et la deuxième phase permet la réalisation d'une topologie à pointe(s) dans les cavités.

15

#### Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel fait en référence aux figures  
20 jointes, parmi lesquelles :

- les figures 1A-1F et 2 représentent différentes étapes d'un procédé de fabrication de film conducteur anisotrope à inserts pointus selon l'art antérieur ;
- les figures 3A-3C représentent une variante du  
25 procédé de fabrication représenté aux figures 1A-1F et 2 ;
- les figures 4A-4F représentent différentes étapes d'un premier mode de réalisation du procédé de fabrication de film conducteur anisotrope à inserts  
30 pointus selon l'invention ;
- les figures 5A-5D, 6, 7, 8 et 9 représentent des

exemples de motifs pour l'obtention d'inserts pointus selon le procédé de l'invention ;

- les figures 10A-10F représentent différentes étapes d'un deuxième mode de réalisation du procédé de fabrication de film conducteur anisotrope selon l'invention ;
- les figures 11A-11B et 12A-12B représentent des exemples d'inserts pointus ainsi que des exemples de positionnement d'inserts pointus dans un film isolant selon l'invention.

Sur toutes les figures, les mêmes repères désignent les mêmes éléments.

#### Description détaillée de modes de mise en œuvre de l'invention

Les figures 4A-4F représentent différentes étapes d'un premier mode de réalisation du procédé de fabrication de film conducteur anisotrope selon l'invention.

- La première étape de ce procédé consiste à graver par exemple un substrat en silicium 15. Pour cela, la face plane 16 du substrat 15, de plan cristallographique (110), est recouverte d'un masque 17 en nitrure de silicium, en or, en cuivre ou tout autre matériau compatible avec la gravure humide anisotrope. Par une technique de lithographie, le masque 17 est gravé de façon que la face 16 du substrat 15 apparaisse par des ouvertures 18 (figure 4A). Les parties apparentes de la face plane 16 reçoivent alors une gravure chimique (par exemple en utilisant du KOH) selon les plans cristallographiques (111). On obtient

des alvéoles 18 comportant des pointes 19 (cf.figure 4B) .

5 Ce qui subsiste du masque 17 est alors enlevé et on procède au dépôt d'une couche sacrificielle, par exemple conductrice 20, sur la face 16 gravée du substrat 15 (cf. figure 4C). La couche 20 épouse le profil de la face gravée 16. Elle peut être réalisée en Cu, Ti, Ni ou SnPb. Son épaisseur est comprise, par exemple, entre 0,1 et 3  $\mu\text{m}$ .

10 Une couche de polymère 21 (par exemple une couche de polyimide de 10  $\mu\text{m}$  d'épaisseur) est déposée sur la couche métallique 20. Par une technique de photolithographie, la couche 21 est gravée pour y former des trous circulaires 22 alignés avec les pointes 19 du substrat 15 (cf. figure 4D).

15 Par croissance électrolytique, en une étape, en se servant de la couche métallique 19 comme électrode, on constitue des inserts métalliques 23 depuis le fond des alvéoles jusqu'au niveau de la face supérieure de la couche de polymère 21, en comblant les trous 22 (cf. figure 4E). Le métal qui constitue les inserts métalliques 23 peut être, par exemple, du nickel ou du cuivre (figure 6E).

20 La dernière étape consiste à graver chimiquement la couche métallique 20 afin d'obtenir un décollement du film isolant 21 pourvu des inserts 23 (cf. figure 4F).

25 Les trous 22 réalisés dans le film isolant 15 sont de section circulaire. La section des trous 22 est inférieure à la section des alvéoles au niveau de la face 16 du substrat 15 de façon que les inserts se

30

trouvent enchâssés dans le film isolant 15.

La gravure humide peut être complétée par une gravure anisotrope (gravure plasma) dans le but d'accentuer la hauteur des pointes.

5 Les figures 5A-5D, 6, 7, 8 et 9 représentent des exemples de motifs pour l'obtention d'inserts pointus selon le procédé de l'invention.

La figure 5A illustre un premier exemple de motif pour la réalisation de pointes dans le substrat.  
10 Le motif est constitué de quatre cercles C1, C2, C3, C4 positionnés entre eux de sorte que leurs centres définissent un carré. L'axe passant par les centres de deux cercles qui définissent un côté du carré fait un angle non nul, par exemple égal à  $45^\circ$ , avec la  
15 direction  $\langle 110 \rangle$  du réseau cristallin. La figure 5B illustre la formation d'une cavité par gravure humide anisotrope (par exemple une gravure à base de KOH) à partir du motif représenté en figure 5A. Les quatre cercles C1, C2, C3, C4 se transforment respectivement  
20 en quatre carrés K1, K2, K3, K4 dont les angles se rejoignent (cf. figure 5B). La figure 5C illustre l'évolution de la gravure au centre des 4 cercles avec l'apparition d'une zone non gravée E en forme d'étoile présentant plusieurs plans inclinés. Une progression de  
25 la gravure conduit à la formation d'une pointe P munie d'arêtes faisant saillie de la zone gravée (cf. figure 5D). Sur les figures 5C et 5D, la gravure des zones entourant la zone centrale n'est pas représentée.

La figure 6 illustre un autre exemple de motif  
30 constitué de quatre carrés dont les côtés ne sont pas orientés selon l'axe  $\langle 110 \rangle$  du réseau cristallin.

Préférentiellement, les quatre carrés K5, K6, K7, K8 sont implantés de façon à former, ensemble, un motif en carré, chaque carré ayant un côté faisant un angle de  $45^\circ$  par rapport à la direction  $\langle 110 \rangle$  du réseau cristallin. La gravure humide anisotrope des quatre carrés donne quatre cavités carrées, la largeur de chaque cavité carrée étant égale au côté du carré initial multiplié par  $\sqrt{2}$ . La gravure des carrés conduit à la formation de cavités dont les angles se rejoignent et qui forment en leur centre une pointe faisant saillie.

La figure 7 illustre un deuxième exemple de motif formé sur la base de quatre carrés. Les quatre carrés K9, K10, K11, K12 sont implantés de façon à former, ensemble, un motif en croix, chaque carré ayant deux côtés parallèles à la direction  $\langle 110 \rangle$  du réseau cristallin. Des zones de sur-gravure S1, S2, S3, S4 entourent les carrés et permettent à ceux-ci de se rejoindre. La distance entre deux carrés dépend de la profondeur de sur-gravure souhaitée.

La figure 8 illustre un motif à carré tronqué réalisé sur la base de deux zones masquées M1, M2. Deux côtés parallèles du carré sont parallèles à la direction cristallographique  $\langle 110 \rangle$  du substrat. Une première zone masquée M1 définit une ouverture carrée dans laquelle est placée une deuxième zone masquée M2, également de forme carrée, centrée dans l'ouverture définie par la zone masquée M1. La gravure s'effectue alors entre les zones masquées M1 et M2 et s'achève avec la formation d'une pointe centrée dans la zone M2 et faisant saillie de la zone de gravure.

La figure 9 illustre un exemple de motif pour la formation d'un insert à pointes multiples. Le motif est formé de quatre carrés tronqués. Il est réalisé sur la base de cinq zones masquées. Une première zone masquée M3 définit une ouverture carrée dans laquelle sont placées quatre autres zones masquées M4, M5, M6, M7. Les quatre zones masquées M4, M5, M6, M7 sont disposées en carré. La gravure du substrat non masquée crée alors une cavité qui comporte quatre pointes faisant saillie de la zone gravée.

Les figures 10A-10F représentent différentes étapes d'un deuxième mode de réalisation du procédé de fabrication de film conducteur anisotrope selon l'invention.

Jusqu'à l'étape de dépôt d'une couche sacrificielle, le procédé selon le deuxième mode de réalisation de l'invention comporte les mêmes étapes que le procédé décrit précédemment à savoir : gravure d'un masque recouvrant le substrat, gravure chimique du substrat apparent selon des plans cristallographiques déterminés, élimination du masque et dépôt d'une couche sacrificielle.

Seules les étapes postérieures à l'étape de dépôt de la couche sacrificielle seront maintenant décrites. Une résine photosensible 24 est insolée à travers un masque pour former des trous 26 dans le prolongement des pointes 25 formées dans les alvéoles du substrat (cf. figure 10A). A travers les trous 26 de la résine, des inserts métalliques 27 sont réalisés, préférentiellement, par électrolyse (cf. figure 10B).

Une fois les inserts métalliques réalisés, la

résine est retirée par dissolution dans un solvant (cf. figure 10C). Un film isolant 28 est alors déposé par les méthodes connues de la microélectronique sur la couche métallique 20 et les inserts 27 (cf. figure 10D). Une gravure plasma du film isolant 28 permet de dégager les pointes des inserts (cf. figure 10E). Le film isolant 28 est alors décollé (cf. figure 10F), par exemple à l'aide d'acide fluorhydrique.

Les figures 11A-11B et 12A-12B illustrent des exemples de forme d'inserts selon l'invention, ainsi que le positionnement de ces inserts dans des trous de film isolant. Les figures 11A-11B représentent un insert à une pointe et les figures 12A-12B représentent un insert à quatre pointes. Les inserts, en forme de croix, sont placés dans des trous t du film isolant.

Il existe plusieurs variantes pour certaines des étapes du procédé de l'invention. Par exemple, le remplissage des alvéoles formées dans le substrat peut être réalisé non seulement par croissance électrolytique comme cela a été mentionné ci-dessus, mais également par pulvérisation ou par évaporation de métal. Dans ces deux derniers cas, il faut alors éliminer le métal déposé en surface de la résine photosensible. Plusieurs techniques sont alors possibles telles que, par exemple, le rodage mécanique ou le polissage mécano-chimique.

Selon le deuxième mode de réalisation de l'invention, il est également possible de déposer d'abord la résine photosensible entre les inserts et, ensuite, le film isolant. La couche sacrificielle est alors gravée et la résine photosensible dissoute. Il

est aussi possible de dissoudre la résine photosensible pour décoller le film conducteur anisotrope. Cette dernière variante permet d'accentuer le dépassement des pointes des inserts par rapport au film isolant.

5           En utilisant le silicium comme substrat, on obtient une pointe parfaitement définie et très acérée permettant une très grande qualité de contact électrique sur plot d'aluminium.

10           Dans le cas de l'utilisation d'un polymère non thermoplastique pour constituer le film isolant, les pointes des inserts permettent de garder un léger espacement entre le film et la puce à connecter, ce qui laisse la possibilité d'utiliser un film de colle sur toutes les surfaces à mettre en contact et donc une  
15           excellente tenue mécanique.

          Quel que soit son mode de réalisation, le procédé de fabrication de film conducteur anisotrope à inserts pointus selon l'invention permet de descendre très bas dans la taille des inserts, typiquement 1 à  
20           2µm de diamètre pour un pas de 4 à 5 µm. Ceci permet l'interconnexion de puces dont les entrées/sorties ont un pas très faible.

          De même, quel que soit le mode de réalisation, l'étape de gravure mise en œuvre dans le procédé selon  
25           l'invention peut être complétée par une étape de gravure supplémentaire pour accentuer la hauteur de la pointe. L'étape de gravure supplémentaire peut être, par exemple, une gravure purement anisotrope (gravure plasma) ou une gravure purement isotrope (gravure  
30           humide). Cette gravure peut être réalisée avant ou après la première. Le motif de base peut être de forme



quelconque, du moment qu'il permet d'obtenir une zone centrale qui est gravée moins vite.

Le procédé selon l'invention conduit à la formation d'une topologie où le substrat présente des zones creuses ayant une forme pointue très prononcée. 5 Avantageusement, ces zones creuses de forme pointue très prononcée permettent l'obtention d'inserts métalliques très pointus lors de l'électrolyse, et ceci non seulement du côté où l'insert présente une partie creuse mais également de l'autre côté. En effet, la 10 croissance par électrolyse des inserts métalliques est améliorée par la présence de la forte topologie du substrat. Dans le cas où le motif en résine est centré sur une pointe, l'effet de pointe (croissance plus rapide liée aux lignes de courants) accentue ou 15 conserve la topologie du substrat. Dans le cas où le motif en résine est encadré par quatre pointes, un effet similaire est obtenu pendant l'électrolyse.

Avantageusement, les extrémités des inserts conducteurs sont réalisées en un matériau dur (par 20 exemple du Nickel). Ceci permet à ces extrémités de pouvoir percer la couche d'oxyde recouvrant le plot à connecter. Les inserts peuvent être entièrement réalisés dans ce matériau dur. A titre de variante, 25 seule la partie débordante des inserts peut être réalisée en matériau dur.

Le film isolant peut être un film de polymère thermoplastique ou un film multicouche dont les couches extérieures sont thermoplastiques. Ceci permet de lui 30 conférer une fonction autocollante lors de l'assemblage. Dans le cas contraire, il faut pourvoir

le film isolant d'une couche de colle avant l'assemblage.

Le film conducteur anisotrope obtenu par le procédé de l'invention permet de monter une puce ou un  
5 circuit intégré directement sur un substrat d'interconnexion, sans qu'il soit nécessaire de traiter de manière spécifique les plots de la puce ou du circuit intégré.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication de film conducteur anisotrope à inserts conducteurs, le procédé comprenant  
5 la gravure d'au moins un motif (C1, K1) dans un substrat monocristallin (15) pour former au moins une alvéole (22, 26) ayant un fond destiné à dessiner le contour d'une première extrémité d'un insert (23, 27), caractérisé en ce que le dessin du motif est destiné à  
10 faire apparaître au moins une pointe faisant saillie et au moins une zone en creux dans le fond de l'alvéole, lors de la gravure du motif selon au moins un plan cristallographique du substrat avec des plans cristallographiques limitants.

15

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le plan cristallographique selon lequel le motif est gravé est le plan (100) et les plans cristallographiques limitants sont les plans  
20 (111) et (110).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'un motif est formé d'un ensemble de motifs élémentaires séparés les uns des autres et  
25 positionnés les uns par rapport aux autres de sorte que, durant la gravure, les motifs élémentaires se rejoignent faisant apparaître entre les motifs une zone comportant des plans limitants (111) et (110) et des plans non limitants.

30

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que les motifs élémentaires sont des cercles.

5 5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que les motifs élémentaires sont des carrés.

10 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les carrés sont regroupés parallèlement les uns aux autres de façon à s'inscrire dans une géométrie en carré, les côtés des carrés n'étant pas orientés selon la direction  $\langle 110 \rangle$  du substrat.

15

7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les carrés sont regroupés parallèlement les uns aux autres selon une géométrie en forme de croix, chaque carré ayant deux côtés  
20 parallèles à la direction  $\langle 110 \rangle$  du substrat, une zone de sur-gravure (S1, S2, S3, S4) entourant la périphérie de chaque carré.

8. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le motif est formé par au moins  
25 un carré tronqué, deux côtés parallèles du carré étant parallèles à la direction  $\langle 110 \rangle$  du substrat.

9. Procédé selon l'une quelconque des  
30 revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend le dépôt d'une couche sacrificielle (20) sur

le substrat, la couche sacrificielle épousant le profil de l'alvéole.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend le dépôt d'une couche de polymère (21) sur la couche sacrificielle (20) et en ce que la couche de polymère est gravée pour former des trous circulaires (22) dans le prolongement de pointes formées dans l'alvéole.

10

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'un insert est formé dans une alvéole, depuis le fond de l'alvéole jusqu'au niveau d'une face supérieure de la couche de polymère.

15

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que la couche sacrificielle est gravée afin d'obtenir un décollement de la couche de polymère.

20

13. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'une résine photosensible est insolée à travers un masque pour former des trous (26) dans le prolongement de pointes (25) formées dans le substrat.

25

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'un insert est formé dans un trou formé dans la résine photosensible.

30

15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la résine est retirée par dissolution dans un solvant.

5 16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'un film isolant est déposé sur la couche sacrificielle (20) et sur les inserts (27).

10 17. Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce qu'une gravure plasma du film isolant fait saillir les pointes des inserts.

15 18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que le film isolant muni des inserts est décollé de la couche sacrificielle.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, caractérisé en ce que les inserts sont formés par croissance électrolytique, par évaporation ou par pulvérisation.

20 20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, caractérisé en ce que l'insert formé à partir de l'alvéole présente, à l'extrémité opposée à sa première extrémité, au moins une pointe en saillie et au moins une zone en creux, la pointe en saillie et la zone en creux étant en regard, respectivement, d'une zone en creux et d'une pointe en saillie de la première  
30 extrémité de l'insert.

21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce que l'insert formé à partir de l'alvéole présente, à sa première extrémité, une pointe en saillie et au moins deux zones en creux.

5

22. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce que l'insert formé à partir de l'alvéole présente, à sa première extrémité, une zone en creux et au moins deux pointes en saillie.

10

23. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les inserts sont en nickel ou en cuivre.

15

24. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le substrat est en silicium ou en carbure de silicium.

20

25. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de gravure supplémentaire pour accroître la hauteur de pointe de l'insert.

1 / 10

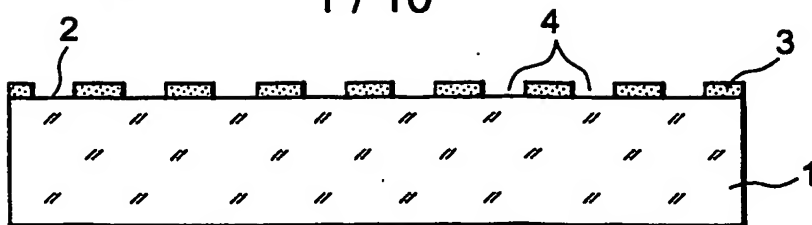


FIG. 1A

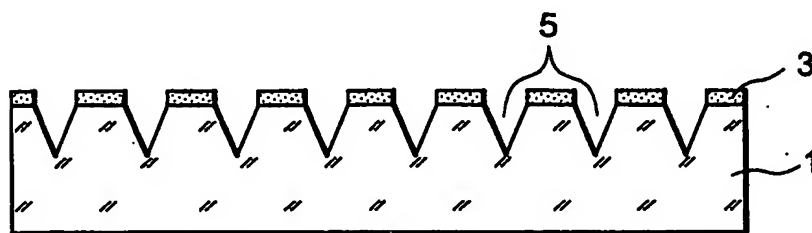


FIG. 1B

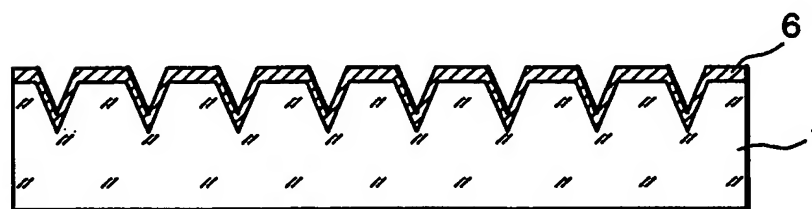


FIG. 1C

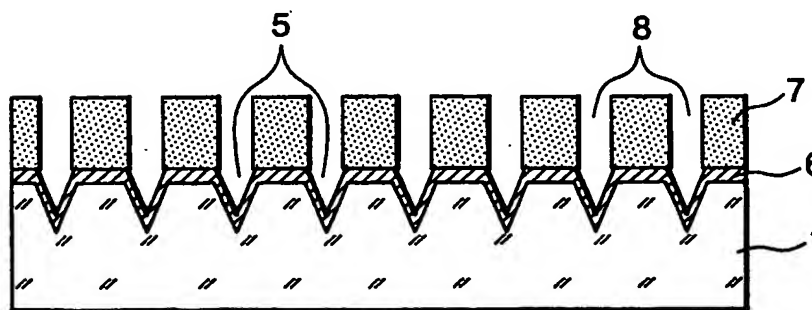


FIG. 1D



2 / 10

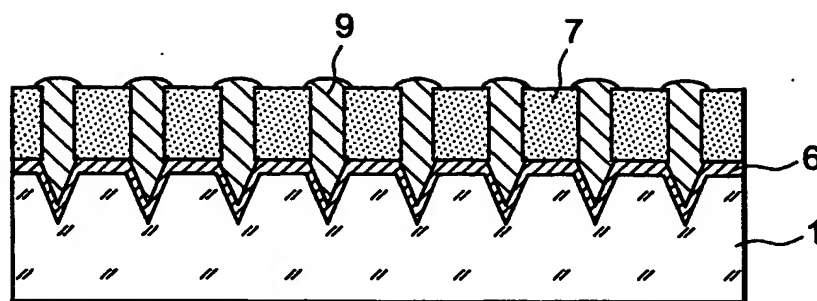


FIG. 1E

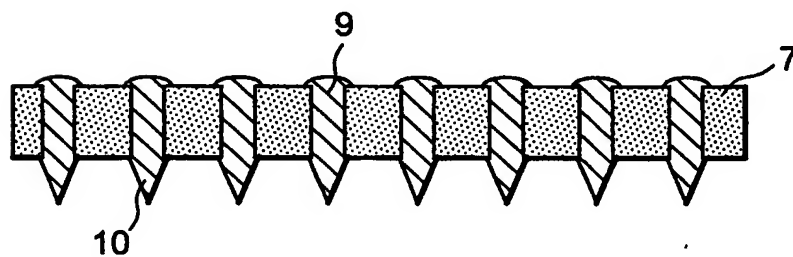


FIG. 1F

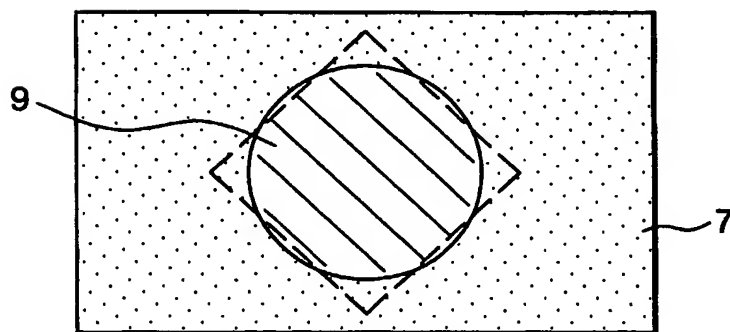


FIG. 2

3 / 10

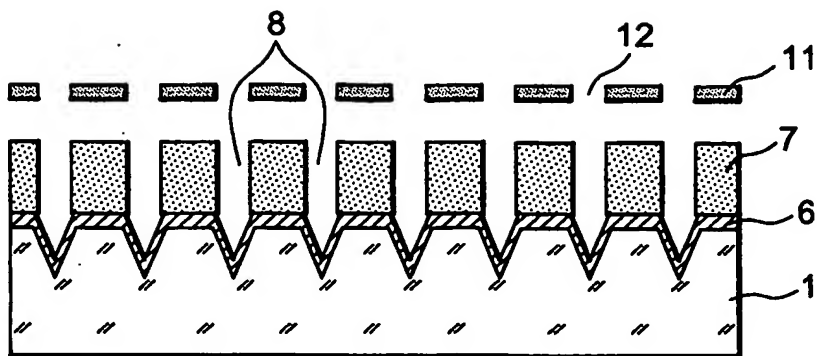


FIG. 3A

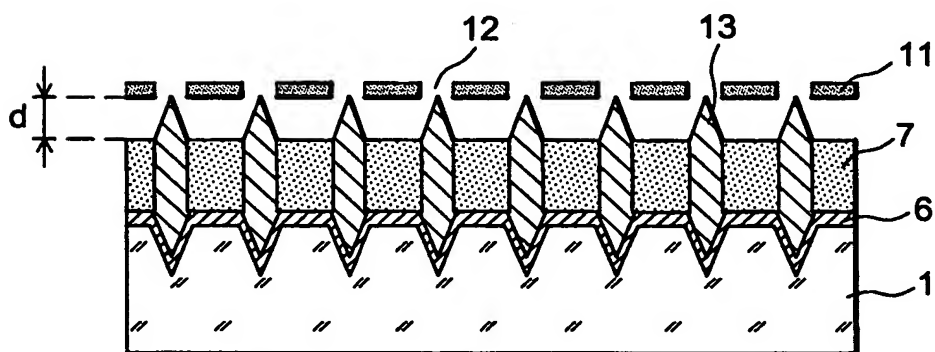


FIG. 3B

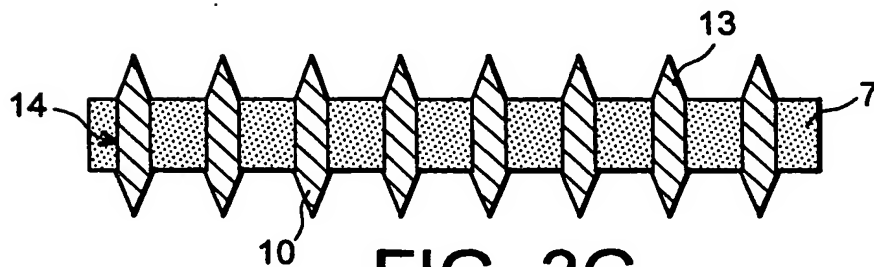


FIG. 3C

4 / 10

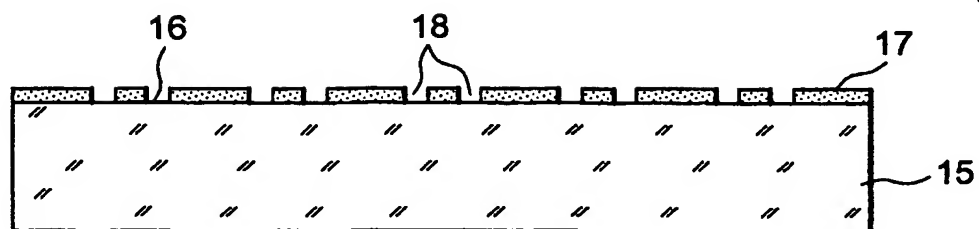


FIG. 4A

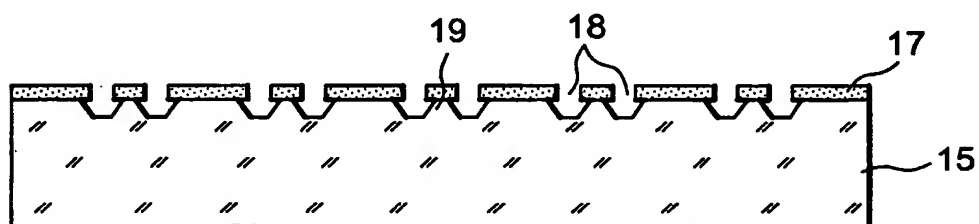


FIG. 4B

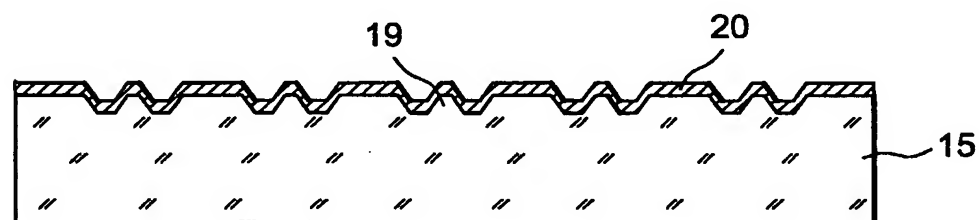


FIG. 4C

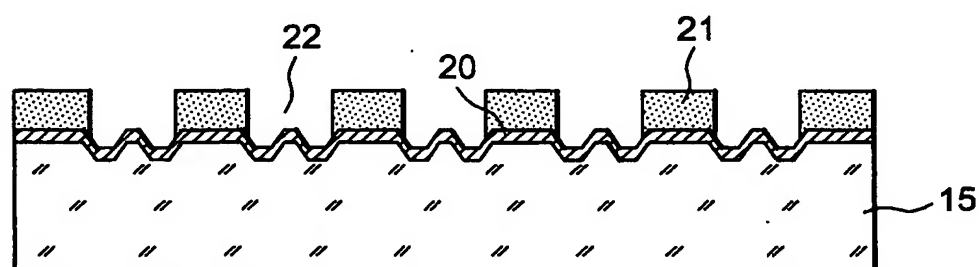


FIG. 4D

5 / 10

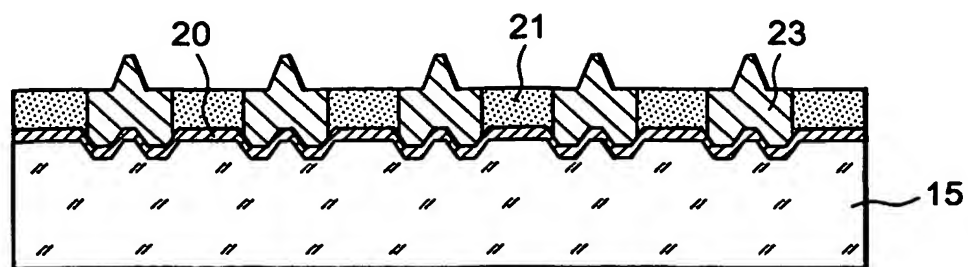


FIG. 4E

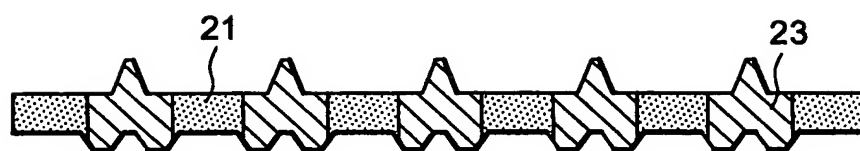


FIG. 4F

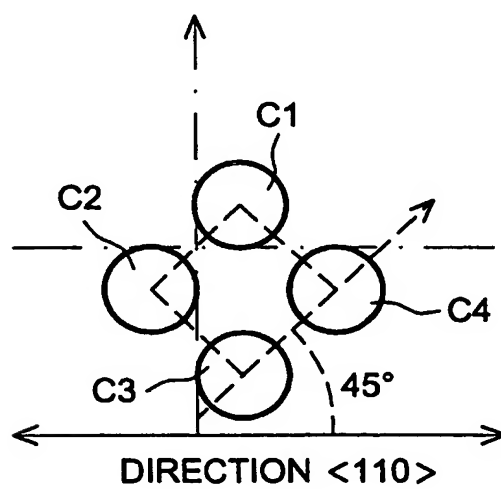


FIG. 5A

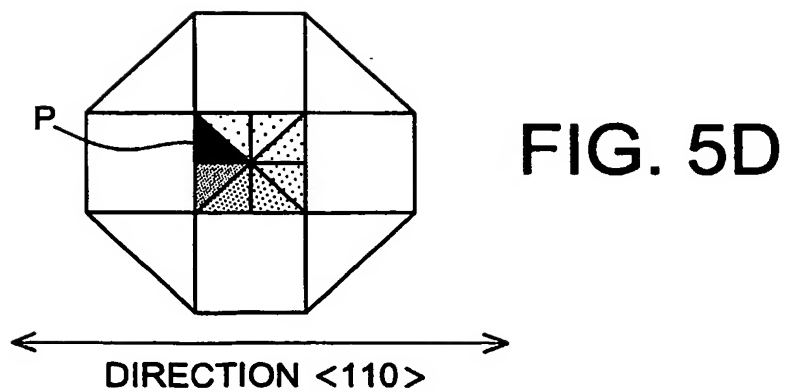
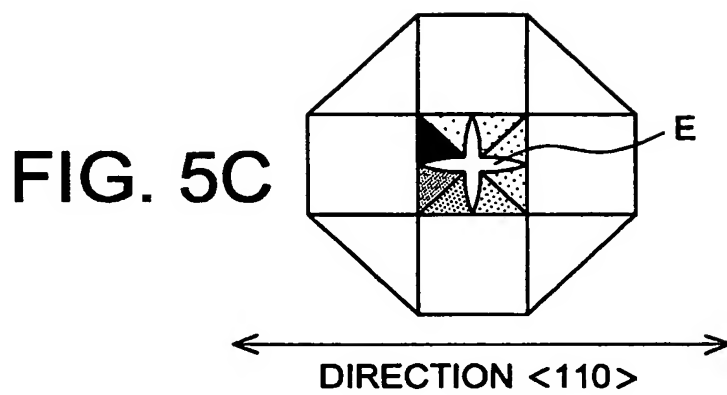
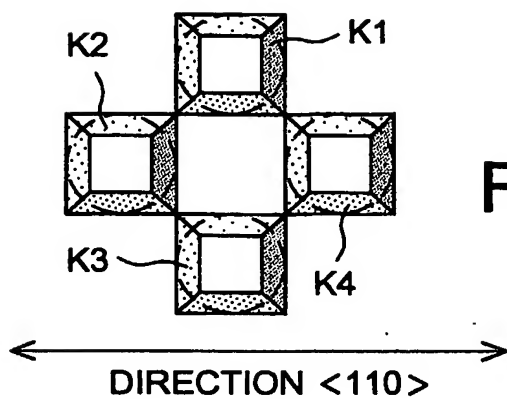


FIG. 6

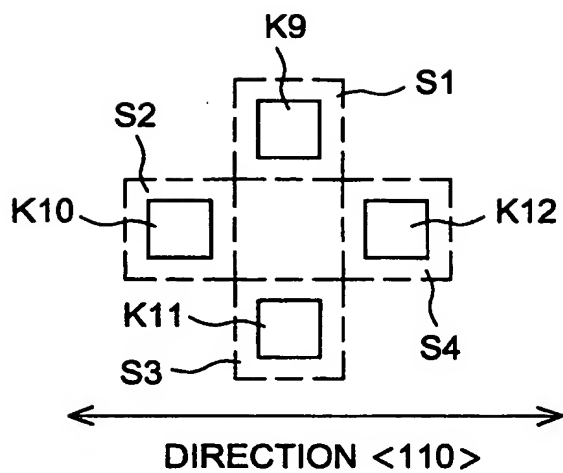
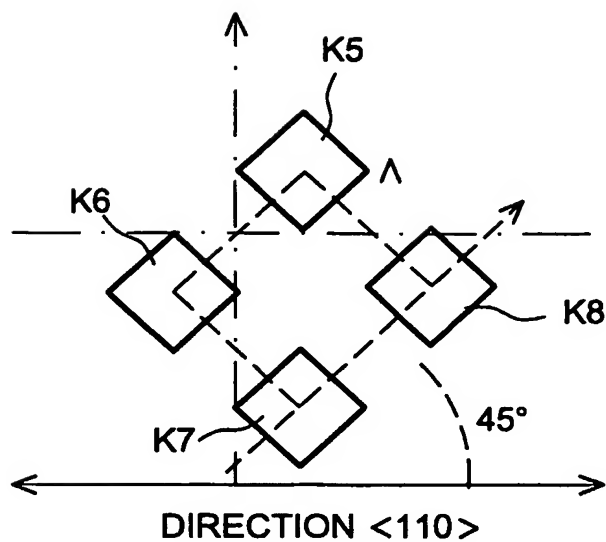
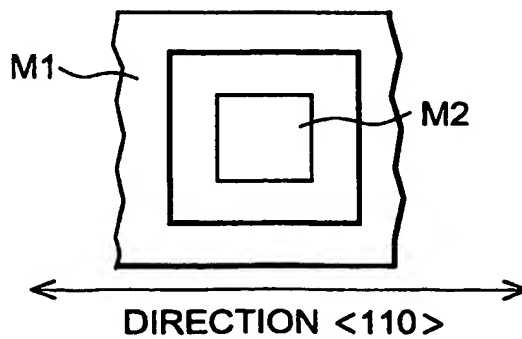


FIG. 7

FIG. 8



8 / 10

FIG. 9

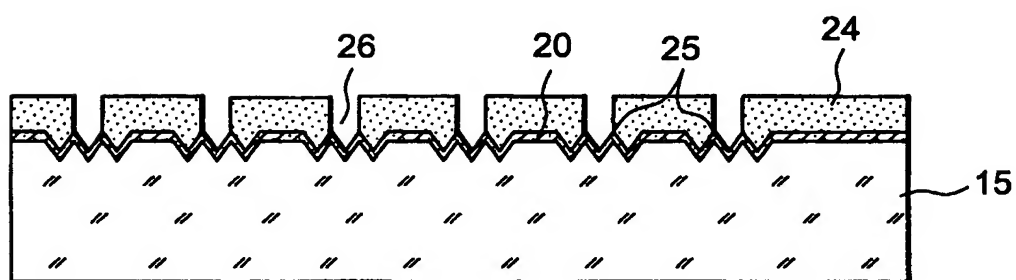
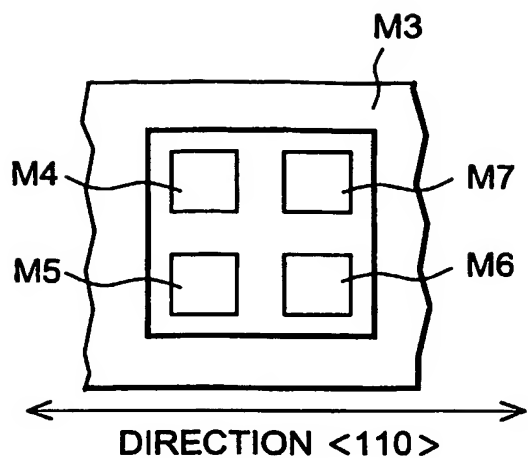


FIG. 10A

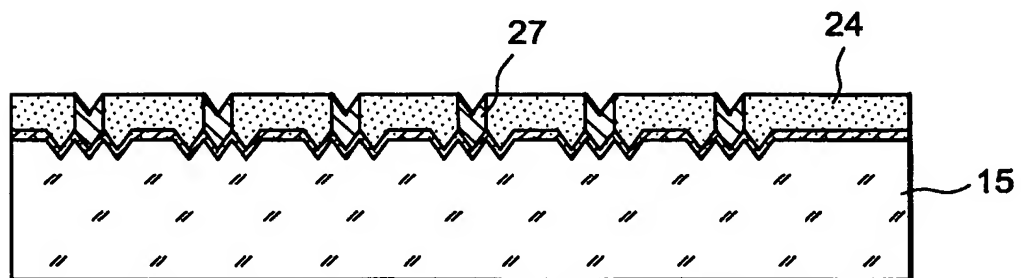


FIG. 10B

9 / 10

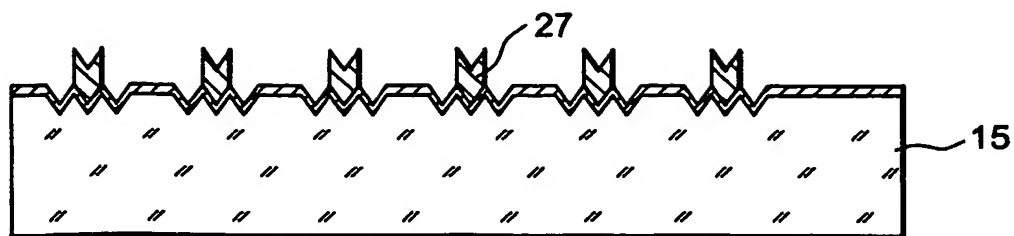


FIG. 10C

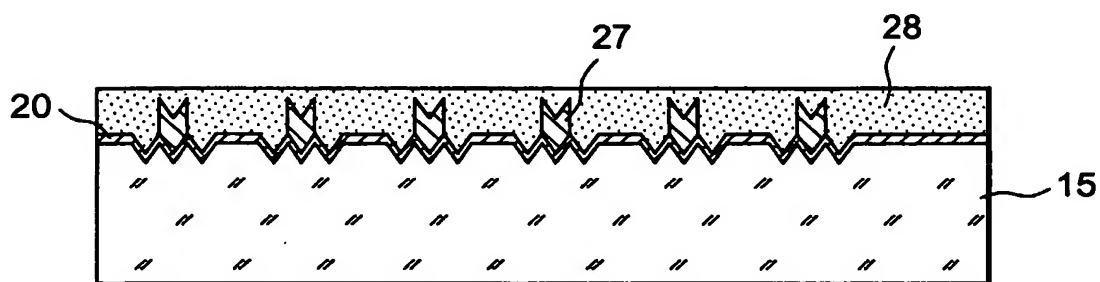


FIG. 10D

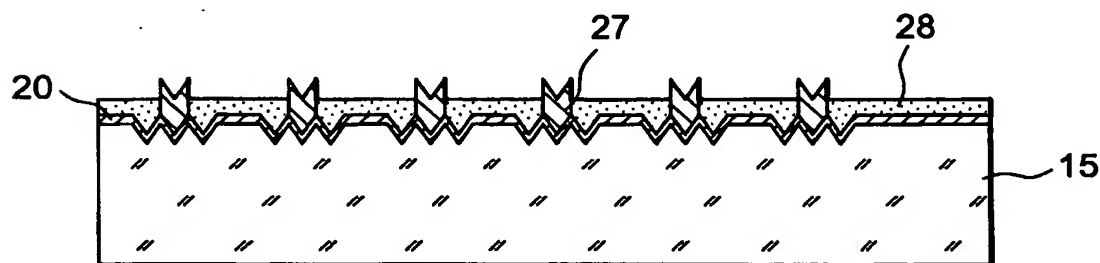


FIG. 10E



FIG. 10F



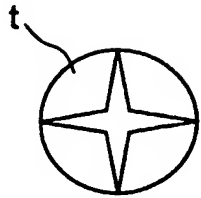


FIG. 11A



FIG. 11B

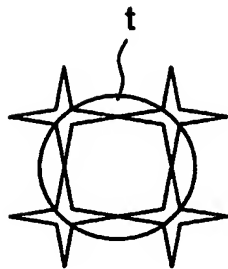


FIG. 12A



FIG. 12B